

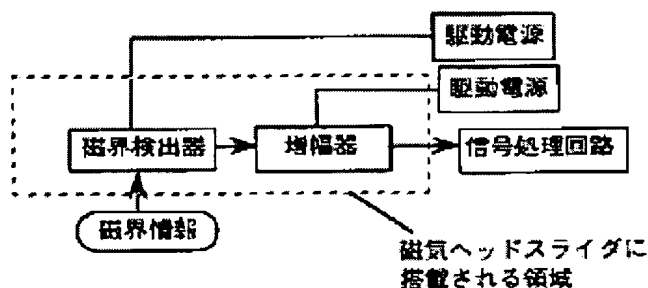
MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC RECORDING DEVICE USING THE SAME

Patent number: JP9237409
Publication date: 1997-09-09
Inventor: MARUYAMA YOJI; AIHARA MAKOTO
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- **international:** G11B5/39
- **europaen:**
Application number: JP19960044433 19960301
Priority number(s):

Abstract of JP9237409

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform extremely high density recording by directly forming a first active element for converting magnetic information from a recording medium into electric information and a second active element for amplifying the electric information on a substrate.

SOLUTION: A magnetic field detector and an amplifier are directly formed on a magnetic head slider substrate. The magnetic field detector corresponds to a first active element and the amplifier corresponds to a second active element. These sections are connected to a power source for driving them. Magnetic field information from a recording medium is converted into an electric signal by the magnetic field converter. The amplitude of the electric signal is converted by the amplifier formed adjacently to the detector. In this case, an amplification factor is defined as ≥ 1 . If the amplification factor is defined as ≤ 1 , the noise component contained in the signal is increased. A signal from the amplifier is outputted from a terminal provided with a magnetic head and converted into a digital signal or the like by an external signal processing circuit.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-237409

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl.⁹
G11B 5/39

識別記号 庁内整理番号

FI
G11B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全7頁)

(21) 出願番号 特願平8-44433

(22) 出願日 平成8年(1996)3月1日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 丸山 洋治

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 相原 誠

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド及びこれを用いた磁気記録装置

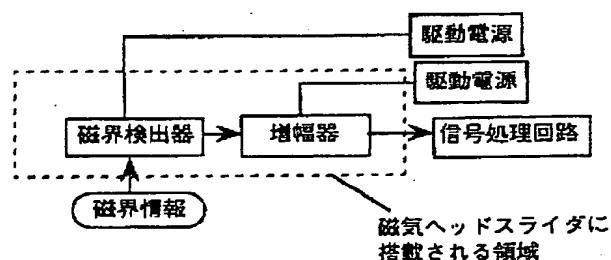
(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、検出素子の感度に制限されていた磁気ディスク装置の高密度限界を破る手段を開示するものであり、これにより記録密度 $10\text{Gb}/\text{in}^2$ 以上の磁気記録装置を可能にする。

【解決手段】磁気ヘッドに記録媒体からの磁気情報を電気的情報に変換する第1の能動素子と同電気的情報を磁界情報に変換した後、再度電気的情報に変換する第2の能動素子を同一の磁気ヘッドスライダ基板上に形成した。

【効果】本発明によれば、第1の能動素子の感度が低くても第2の能動素子にて信号を増幅することが出来る。このため、磁気ディスク装置の記録密度が読み出し部の検出感度によって制限されていた問題を解消することができる。この効果から、記憶密度 $10\text{Gb}/\text{in}^2$ 以上の超高密度記録装置が可能となる。また、本発明は、従来の磁気ヘッド製造設備で実現できるため、素子製造に絡むコスト上昇を抑えることができる。

図1



(2)

特開平9-237409

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気情報を記録するための記録媒体と、該記録媒体に情報を記録し、かつ所定のアドレス位置から情報を読み出す手段とを少なくとも有する磁気ヘッドから構成される磁気記録装置において、記録媒体からの磁気情報を電気的情報に変換する第1の能動素子と、同電気的情報を増幅率1.0以上で出力する機能を有する第2の能動素子とが磁気ヘッドスライダを構成する基板上に直接形成されていることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項2】上記記録媒体からの磁気情報を電気的情報に変換する第1の能動素子と同電気的情報を磁界情報に変換した後、再度電気的情報に変換する第2の能動素子とを同一磁気ヘッドに搭載したことを特徴とする請求項1記載の磁気記録装置。

【請求項3】上記第2の能動素子として磁気抵抗効果素子または巨大磁気抵抗効果素子を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の磁気記録装置。

【請求項4】上記第2の能動素子としてスピントランジスタを用いたことを特徴とする請求項1、2または3のいずれか1つに記載の磁気記録装置。

【請求項5】上記第1の能動素子として磁気抵抗効果素子、巨大磁気抵抗効果素子または酸化物系巨大磁気抵抗効果素子を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の磁気記録装置。

【請求項6】上記第1の能動素子が磁気ヘッド摺動面に設けられていることを特徴とする請求項1、2または5のいずれか1つに記載の磁気記録装置。

【請求項7】上記第1の能動素子が定電圧源から電流の供給を受けることで記録媒体からの磁界情報を電流の変化に変換し、かつ同電流経路から発生する磁界変化を第2の能動素子で電圧の変化に変換することで、情報の読み出しを行うことを特徴とする請求項1または2記載の磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機や情報処理装置等に用いられる外部記憶装置に係り、特に、大容量の情報を記録する上で好適な新規読み出し（検出）機能部を有する磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】情報機器の記憶装置には、主に半導体メモリと磁性体メモリが用いられる。アクセス時間の観点から内部記憶装置に半導体メモリが用いられ、大容量かつ不揮発性の観点から外部記憶装置に磁性体メモリが用いられる。現在、磁性体メモリの主流は磁気ディスクである。これらに用いられている記憶媒体には、Al基板ないしはガラス基盤上に磁性薄膜が成膜されている。この記憶媒体に磁気情報を書き込むため、電磁変換作用を有する機能部が用いられる。また、磁気情報を再生するため、磁気抵抗（MR：magnetoresistive）現象ないし

2

は、電磁誘導現象を利用した機能部が用いられる。これら機能部は、磁気ヘッドと呼ばれる入出力用部品に設けられている。

【0003】磁気ヘッドと記録媒体は相対的に移動し、媒体上の任意の位置に磁気情報を書き込み、必要により磁気情報を電気に再生する機能を有する。磁気ヘッドは、例えば図4に示すように磁気情報を書き込む機能部21と再生を行なう検出部22から構成される。書き込み機能部は、コイル26とこれを上下に包み、かつ磁氣的に結合された磁極27と28から構成される。検出部22は、磁気抵抗効果検出部23と同検出部に定電流を流し、かつ抵抗変化を検出するための導体29から構成される。これら書き込みと再生機能部の間には、磁氣的なシールド層25が設けられている。また、これらの機能部は、磁気ヘッド本体30上に下地層24を介して形成されている。

【0004】図4の例は、記録に電磁変換作用、再生に磁気抵抗効果を利用したものであるが、書き込み部に設けたコイルに誘導される電磁誘導電流を検出することによっても磁気情報の再生は可能である。この場合、記録と再生は1つの機能部で行なうことができる。

【0005】記憶装置の性能は、入出力動作時のスピードと記憶容量によって決まり、製品競争力を高めるためにはアクセス時間の短縮化と大容量化が必須である。また、近年、情報機器の軽薄短小化の要求から記憶装置の小型化が進められている。これらの要求を満足するためには、単一の記録媒体内に多くの磁気情報を書き込み、かつ、再生できる磁気記憶装置の開発が必要である。

【0006】上記の磁気ヘッドにて高密度記録を実現するためには、書き込む磁区の大きさを微細化する必要がある。これには、図4に示した書き込み磁極27および28の幅を狭くし、かつコイル26に流す書き込み電流の周波数を高めることにより実現できる。しかし、読み出し時の信号強度は、磁区の大きさに依存するため、磁区の微細化を進めると共に読み出しが困難となる。

【0007】この問題に対し、読み出し部の検出感度を高める研究が進められており、例えば特開平2-61572号公報に記載されるような巨大磁気抵抗（GMR：giantmagnetoresistive）現象を用いる新たな検出方法が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記公報に記載される方法によれば、従来の磁気抵抗効果素子に比べ検出感度を3～6倍高めることができる。この結果は、1995年4月24日号（no. 634）の日経エレクトロニクスの95頁に記載されている。検出感度を6倍高められると仮定すると、従来と比較し、約1/6の面積の磁区情報を検出することが出来るようになる。この結果をもとに、実現出来ると考えられる記憶密度の上限を計算すると、数Gb/in²となる。この値は、磁気ディスク

3

装置の検出部に巨大磁気抵抗効果素子を適用する場合の記憶密度の限界を表している。巨大磁気抵抗効果素子は現在開発されている検出素子の中で最も検出感度が高い素子である。このため、同記憶密度の値が現状での磁気ディスク装置の記憶密度の限界と考えることが出来る。

【0009】磁気ディスクの市場は、パーソナルコンピュータの拡販と共に広がり、その利用形態も多様化する傾向にある。特にコンピュータで動画を扱うマルチメディア対応の外部記憶装置として磁気ディスクが注目されている。この分野で市場を確保するためには、さらなる大容量化が必要であり、かつ装置の小型化、低価格化も同時に進めなければならない。この要求は、記録密度のさらなる向上なくして実現し得ない。

【0010】このように記録密度は重要な性能指数であるが、単に検出器感度を高めると言った従来の考え方は、限界が生じることが明らかになった。本発明は、検出素子の感度に制限されていた高密度限界を破る手段を開示するものであり、これにより、記録密度10Gb/in²以上の磁気記録装置を可能にするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明では、下記に述べる手段を用いることにより上記の問題を解決した。

【0012】まず、磁気ディスク装置を磁気情報を記録する記録媒体と該記録媒体に情報を記録し、かつ所定のアドレス位置から情報を読み出す手段とを少なくとも有する磁気ヘッドから構成した。特に、磁気ヘッドに記録媒体からの磁気情報を電気的情報に変換する第1の能動素子と同電気的情報を磁界情報に変換した後、再度電気的情報に変換する第2の能動素子を同一の磁気ヘッドスライダ基板上に形成した。

【0013】ここで、第2の能動素子としてMR効果を用いた素子、または、さらに磁界に対する感度が高いGMR効果を用いた素子を用いた。また、これらの手段とは動作原理が若干異なるが、第2の能動素子としてスピントランジスタを用いた。

【0014】さらに上記に記載される第1の能動素子としてMR素子ないしはGMR素子を用いた。

【0015】ここで、上記に記載される第1の能動素子であるMR素子ないしはGMR素子を磁気ヘッド摺動面に設けた。

【0016】さらに第1の能動素子であるGMR素子をNi-Fe（パーマロイ）合金、Co合金等の金属系部材ないしは、貴土類元素を含有する酸化物から構成した。

【0017】また、第1の能動素子を定電圧源で駆動し、同素子で記録媒体からの磁界の変化に対応した情報を電流の変化に変換した。さらに同電流経路から発生する磁界変化を定電流源で駆動された第2の能動素子で電圧の変化に変換することで、情報の読み出しを電氣的に行った。

(3)

特開平9-237409

4

【0018】さらに、第2の能動素子が第1の能動素子からの出力を増幅する機能を少なくとも持たせた。

【0019】さらに、第2の能動素子を磁気ヘッドスライダを構成する基板上に直接形成した。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳細に述べる。

【0021】図1は本発明の全体構成の概念を示す。本発明では、磁気ヘッドスライダ基板上に直接、磁界検出器と増幅器を形成した。磁界検出器は請求項第1項記載の第1の能動素子に対応し、増幅器が第2の能動素子に対応する。各々はそれぞれを駆動する電源に結合されている。図ではこれらの電源を複数示しているが、単一電源にて供給することも可能であることは現在製品化されている電子回路基板の例からも明らかである。記録媒体からの磁界情報は磁界検出器にて電気信号に変換される。電気信号は、近接して形成された増幅器で振幅変換を行う。この際の増幅率は1以上とした。増幅率を1以下にした場合、信号に含まれるノイズ成分が増加し本発明には不適であった。増幅器からの信号は従来技術と同様、磁気ヘッドに設けた端子から出力し、外部の信号処理回路にてデジタル信号等に変換した。

【0022】図2は、第1の能動素子と第2の能動素子の一例である。第1の能動素子31は、導体29-1と導体29-2とを電気的に結合している。導体29-1、29-2には電流Is1を通电した。この電流を流すため、以上の導体は駆動電源と結合した。第1の能動素子の抵抗は約20Ωであった。この構成は、従来技術を述べた図4と等しい。具体的には、磁気抵抗効果検出部23と第1の能動素子31、導体29と導体29-1、29-2がそれぞれ対応する。異なる点は、導体29-2の経路に第2の能動素子32を設けた点にある。第2の能動素子32にも導体33-1、33-2が結合されており、電流Is2が流れる構成になっている。

【0023】第2の能動素子には、第1の能動素子31の抵抗変化等に起因するIs1の変化を電気信号Is2の変化に変換する機能を設けた。以下具体的に動作原理を述べる。

【0024】図3は、図2に示す第2の能動素子32に対応する領域Aを拡大したものである。図から導体29-1が第2の能動素子32と重なりを持って形成されている様子が分かる。本実施例の場合、第2の能動素子は、厚さ20nmのNi-Fe合金から構成した。また、導体29-1は、第2の能動素子と重なる領域を厚さ18nmのNiFeNbCoから構成し、他の領域を厚さ0.1μm程度のCuから構成した。同導体と第2の能動素子との距離は20nmとした。また、第2の能動素子の動作点を調整するため、導体39を上記の構造の上に形成した。また本実施例では、図に示すように第2の能動素子と重なる導体29-1の領域で導体の幅を細め、電流密度を高める手段を講じた。ちなみに第2の

5

能動素子と重なる領域の導体幅を約 $2\mu\text{m}$ 、長さを $100\mu\text{m}$ とした。

【0025】従来技術(図4)では磁気抵抗素子23に約 10mA 程度の電流を流していた。約 500Oe の磁界がこの第1の能動素子23(図4)に印加されると I_{s1} が 0.2mA 変化した。本実施例(図3)でも第1の能動素子に 10mA 通電すると、 I_{s1} が 0.2mA 変化した。図3から明らかなように、本実施例ではもともと I_{s1} が流れると、第2の能動素子32に磁界が発生する構成になっている。ちなみに、 I_{s1} が 10mA 流れると 2500Oe の H_s が発生した。本実施例では、第2の能動素子の積層構造を第1の能動素子と同じ構造とした。このため、 I_{s1} が 0.2mA 変化すると、第2の能動素子には 50Oe の磁界変化が生じた。この磁界により第2の能動素子は、単位長さ当たり $0.015\Omega/\mu\text{m}$ の抵抗が変化し、長さ $100\mu\text{m}$ の第2の能動素子両端では 1.5Ω の抵抗変化が生じた。

【0026】第2の能動素子を定電流源にて駆動し、 I_{s2} を 10mA とすると、上記抵抗変化が生じることに
より、両端には 0.015V の電圧変化が生じた。この電圧変化を高効率にて取り出すためには I_{s1} によって生じるバイアス的磁界をキャンセルする必要があった。この働きを本読み出し部の検出感度を高める実施例では導体39を用いた。この導体には電流値が I_{s1} とほぼ等しい電流を逆向きに流しそれからの磁界でバイアス的磁界をキャンセルした。他にバイアス的磁界をキャンセルする方法として所定の強さに着磁した永久磁石パターンを第2の能動素子に近接して設ける方法があり、同方法も有効であることを確認した。

【0027】上記 0.015V の電圧変化を第2の能動素子の出力として取り出すことにより、間接的に第1の能動素子が受けた磁気情報を読みだすことが出来た。既に述べたように、第1の能動素子抵抗は 20Ω であることから、第1の能動素子では $0.8\mu\text{W}$ (0.2mA の電流変化から計算)の電力変化が生じたことになる。一方、第2の能動素子での変化を計算すると約 $6\mu\text{W}$ (長さ $100\mu\text{m}$: 800Ω 、 0.015V の電圧変化)となり、約7.5倍の電力増幅が行われていることが分かる。この電力増幅作用は、第1の能動素子と等しい磁界/電力変換作用を用いる第2の能動素子を用いる場合に第2の能動素子長を長くした効果であり、GMR素子等、磁界/電力変換効率の優れる能動素子を第2の能動素子に用いる場合、この長さを短くしても所定の増幅作用を引き出すことが出来ることは容易に理解できる。

【0028】図5の示すように磁気ディスク装置の基本要素は、記録媒体1と磁気ヘッド2であり、さらに磁気ヘッドを支持するサスペンション7とアーム4、ヘッドの位置決めを行うロータリーアクチュエータ3、記録媒体を回転させるモータ6等から構成される。これらの構成要素から記録媒体に情報を記録し、かつ所定のアドレ

(4)

特開平9-237409

6

ス位置から情報を読み出すことが可能となる。ここで述べる磁気ヘッド2に記録媒体からの磁気情報を電氣的情報に変換する第1の能動素子と、上記に述べた同電氣的情報を磁界情報に変換した後、再度電氣的情報に変換する第2の能動素子を搭載しても、第1の能動素子と第2の能動素子が電氣的ないしは磁氣的に結合されていれば、媒体からの磁気情報を最終的に第2の能動素子から電気信号に変換して取り出すことが出来る。これにより、従来の磁気ディスクと同様の入出力動作を実現出来た。

【0029】第1の能動素子としてMR素子を用い、かつ第1の能動素子に定電圧源をつなげれば、上記に述べたように第1の能動素子に媒体からの磁界情報が印加されることにより第1の能動素子に流れ込む電流に変化が生じる。したがって電流経路から発生する磁界に対応した電気信号が得られる。これにより、従来の磁気ディスクと同様の入出力動作を実現出来る。

【0030】本発明では、第1の能動素子にて磁界情報を電氣的情報に変換した後、電流経路にて電氣的情報を一旦磁界情報に変換し、さらに第2の能動素子にて再度電気信号に変換する。各変換にはエネルギー損失が伴うため、その有効性に疑問が生じる。しかし、本発明では、既に述べたように、第2の能動素子にて第1の能動素子からの出力を増幅する機能を持たせた。これにより、損失分を補償できる。

【0031】既に述べたように、第2の能動素子における増幅機能は、第2の能動素子に磁気抵抗効果ないしは巨大磁気抵抗効果を用いた場合、その出力が流す電流を一定とすれば、抵抗変化量に比例することを利用する。さらに、第2の能動素子は磁気ヘッド摺動面に設ける必要が無いため、線路長を長くすることにより抵抗変化量を容易に高めることが出来る。同時に第1の能動素子に電流を供給する線路の長さも同様に長くすることが可能である。このため、第1の能動素子への電流経路と磁気抵抗作用を有する線路とを共に長くすることが出来る。電流経路から単位長さ当たり発生する磁界はほぼ一定であるため、電流線路と磁気抵抗作用を有する線路の長さを共に長くすることにより、第1の能動素子の出力が一定でも第2の能動素子の出力を高めることができる。上記実施例で第2の能動素子の長さを $100\mu\text{m}$ としたのはこの理由による。

【0032】従来、磁気情報の読みだし検出感度は、第1の能動素子によってのみ決定されていた。しかし、以上述べたように第2の能動素子での増幅作用により、かりに第1の能動素子の感度が低くても第2の能動素子にて信号を増幅することが出来る。この効果は従来技術にないものであり、本発明にてはじめて実現したものである。

【0033】第2の能動素子としてGMR効果を用いても増幅作用を実現することが可能であることは容易に類

(5)

特開平9-237409

7

推される。図6(a)は本発明の第2の実施例を示すものであり、第2の能動素子32にGMR素子を用いている。以下(b)、(c)を用いて本発明での動作を述べる。図(b)、(c)は、図(a)の領域Aの断面図である。第1の能動素子に流れる I_{s1} は導体29-2を流れる。この導体の下に必要により絶縁層を介してフリー層と呼ばれる磁性膜パターン41を形成し、さらに非磁性導電膜40を介してその下にピン層パターン37を形成した。

【0034】GMR効果は磁性膜41、37と非磁性膜40の界面でも生じる。本実施例では、ピン層をNiO(5nm)、Ni-Fe(1nm)、Co(4nm)多層膜から形成した。これは磁化を高効率でピンニングするためのものである。非磁性膜としては、厚さ2nmのCuから形成した。また、フリー層はCo(0.3nm)、Ni-Fe(5nm)の積層膜から形成した。フリー層の磁性膜41とピン層の磁性膜37は非磁性膜40を構成するCuとそれぞれCo膜にて接触させた(NiO/Ni-Fe/Co/Cu/Co/Ni-Feの順)。これはGMR効果を高効率で引き出すためのものである。

【0035】 I_{s1} が図(b)に示す方向に流れると、上記実施例と同様、導体29-2から磁界が生じ、フリー層41の磁化を図面に対し下向きに向けることが出来る。予めピン層の磁化方向を下向きにしておけば、それぞれの磁性膜の磁化方向は平行となる。磁化が平行である場合、非磁性膜40の界面での電子の散乱確率が低下し、磁性膜37から磁性膜41に多くの電流 dI_{s2} が流れるようになる。この結果、図に示す電気回路を組めば、電圧の低下を出力することが出来る。

【0036】一方、図(c)に示すように I_{s1} が逆向きに流れる場合、フリー層である磁性膜41の磁化は逆方向を向くことになる。この結果、非磁性膜40の界面での電子の散乱確率が高くなり、磁性膜間の電流 dI_{s3} は dI_{s2} に比べ低下する。これにより出力電圧が上昇する。

【0037】以上述べた第2の能動素子において I_{s1} の変化による出力電圧の変化は、上記第1の実施例と同じであり、GMR効果は通常のMR効果に比べ磁界に対する感度が数倍高いことが知られている。このため、GMR効果を利用する場合、第2の能動素子の長さをMR効果を用いる場合に比べ短く出来る長所がある。

【0038】第2の能動素子としてスピントランジスタを用いても増幅作用を実現することが可能であり、同素子を用いた第3の実施例を図6(d)を用いて述べる。ちなみにスピントランジスタの動作原理は例えば日本応用磁気学会誌Vol. 19 No. 3 1995年発行のp. 684~691に記載されている。我等が形成したスピントランジスタの基本構成は、磁界を発生する導体29-2の下にフリー層41、ベース層42、さらにその下にピン層43からな

8

る。ここでフリー層41とピン層43の詳細な構造は上記GMR素子と等しい。残るベース層42は、Cu/Co/Co-Pt/Co/Cu多層膜から構成した。膜厚は、Cu 2nm, Co 0.3nm, Co-Pt 5nm, Co 0.3nm, Cu 2nmである。ここで全ての構造を順に記載すると、NiO/Ni-Fe/Co/Cu/Co/Co-Pt/Co/Cu/Co/Cu/Co/Ni-Feの順となる。これは一例であり、他の構造を採るスピントランジスタでも本発明の請求範囲に入る増幅作用を有する限り、本発明に適用可能となることは容易に理解される。

【0039】さて、次に簡単に増幅作用が生じる理由を述べる。図に示すようにベース層42からピン層43に向けては電流が流される(電子はピン層からベース層にむけ流れる)。ピン層38のベース層37との界面磁化方向はNiO膜によるピンニング効果によって図面下向きに磁化が向けられている。ベース層37のピン層との界面では交換相互作用ないしは静磁気的なカップリング効果により、磁化がピン層と等しい向きに向けられている。従って、両磁性膜間には容易に電流 I_c が流れる。ここで重要となるのが、ベース層42に流入する電子のスピンの方向が両磁性膜間の界面磁化による制約を受けて揃っている点にある。このような状態で隣接するフリー層41の磁化方向が図に示すようにベース層と同じであればスピンの揃った電子 I_e はベース層界面からフリー層に流れることになる(あらかじめ、ベース層とフリー層間に所定の電位を与えておく必要があることは言うまでもない)。フリー層41の磁化方向はGMR素子の動作原理で述べたように、導体29-2が作る磁界で上下に反転させることが出来る。フリー層41の磁化方向が図面のの上向きである場合、所定の電位範囲を選べば、スピン方向が揃ったベース層42中の電子はフリー層41に流れ込めなくなる。従って、フリー層の磁化方向、すなわち導体29-2の電流方向の違いをフリー層からの電気情報として取り出すことが出来る。

【0040】また、フリー層32の磁化の向き易さを所定の強さに設定することが出来る。これには、フリー層近傍に永久磁石を置くか、導体を置くことによって達成出来る。つまり、これらから導体29-2が作る磁界をアシストすることにより、磁化反転を起す I_{s1} の動作点を所望の条件に移動出来ることを意味する。この効果から、 I_{s1} の極性変化のみならず、単一極性の電流変化の場合にも本発明を適用することが可能である。

【0041】ところで、本発明に適用する上での増幅率についてであるが、本素子の場合、ベース層に流入する電子はエネルギーが揃っているため、フリー層における電位を高めてもノイズの発生を押さえることが出来た。この効果から、フリー層に印加する電圧を高めることでスピントランジスタの増幅率を1以上に設定することが出来た。

(6)

特開平9-237409

9

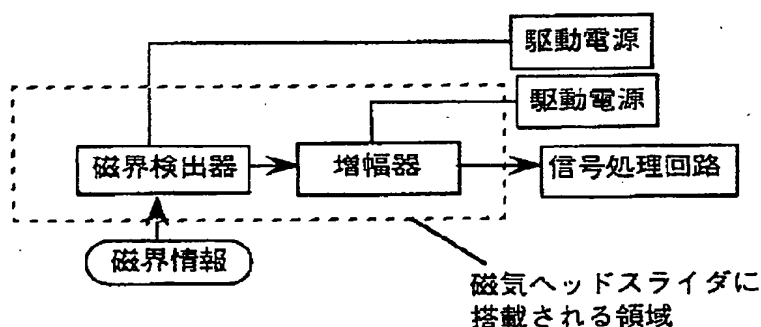
【0042】以上の実施例では、第2の能動素子にSi半導体を用いていない。このため、本発明を実現する上で必要となる全ての能動素子は、従来の磁気ヘッドの製造設備にて形成出来る長所がある。

【0043】以上の第1、第2の能動素子は、AlTiカーバイド等の基板から形成した。上記に記載される第1の能動素子であるMR素子ないしはGMR素子は従来と同じく、磁気ヘッド摺動面に設け、第2の能動素子はこれに近接した位置に設けた。第2の能動素子はあえて摺動面に設ける必要がない。このため、素子の大きさを記録媒体上のトラック幅等に制約されることなく自由に選択することが出来る。また、第1の能動素子は、図4に示す従来型の能動素子である必要は無く、摺動面から伸びた磁路を有するいわゆるヨーク型素子、ないしは垂直磁気記録用単磁極ヘッド素子等、磁氣的信号を電氣的信号に変換し出力するいかなる能動素子にも適用することが可能である。

【0044】また、第1の能動素子であるGMR素子を貴土類元素を含有する酸化物から構成することも可能であった。酸化膜磁性材料としてはLaSrMnO、LaCaMnO等の酸化物を用いたが、他に公表されている材料を用いても本発明が実現可能である。ただ本発明に適用した場合、新たなメリットが生じた。酸化物は一般に高抵抗であり、これをそのまま第4図に示す方法で適用しても、端子抵抗（導体29端子の抵抗）が高くなり過ぎ、これを高周波で駆動するには特別の電気回路が必要であった。本発明では、低電圧源を使うため、高周波での駆動が可能であり、かつ大電力の信号が第2の能動素子から出力されるため、外部の信号処理回路の負担が少なくなる長所があった。

【図1】

図1



10

【0045】

【発明の効果】本発明によれば、第1の能動素子の感度が低くても第2の能動素子にて信号を増幅することが出来る。このため、磁気ディスク装置の記録密度が読み出し部の検出感度によって制限されていた問題を解消することができる。この効果から、記憶密度10Gb/in²以上の超高密度記録装置が可能となる。また、上記増幅機能を従来の磁気ヘッド製造設備で実現できるため、本発明を実施する際のコストを上昇を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本構成を示す概念図

【図2】本発明の第1の実施例を示す検出系の構成概念図

【図3】本発明の第1の実施例の具体例を示す概念図

【図4】従来の磁気ヘッド素子部の概念図

【図5】本発明を実施した磁気ディスク装置の概念図

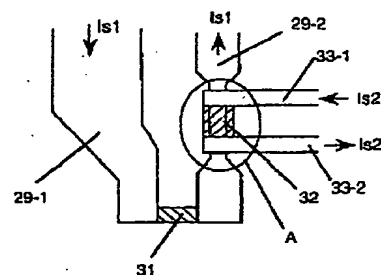
【図6】第2及び第3の実施例を示す概念図

【符号の説明】

1…記録媒体、2…磁気ヘッド、3…ロータリアクチュエータ、4…アーム、6…モータ、7…ジンバル及びサスペンション、14…ケース、21…書き込み部、22…読みだし（検出部）、23…磁気抵抗効果検出部、29…導体、27…上部磁極、28…下部磁極（シールド層）、25…シールド層、24…下地層、30…基板（磁気ヘッドスライダ本体）、26…コイル、29…導体、31…第1の能動素子、32…第2の能動素子、33…導体、39…バイアス磁界発生用導体、41…フリー層、40…非磁性層、37…ピン層、42…ベース層、43…ピン層。

【図2】

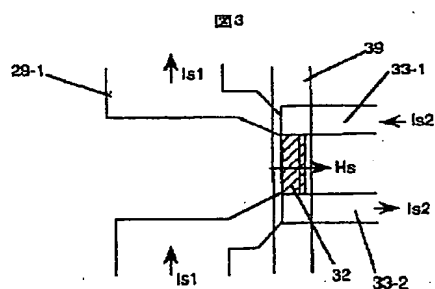
図2



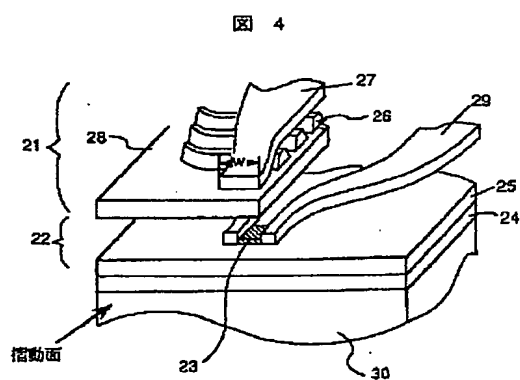
(7)

特開平9-237409

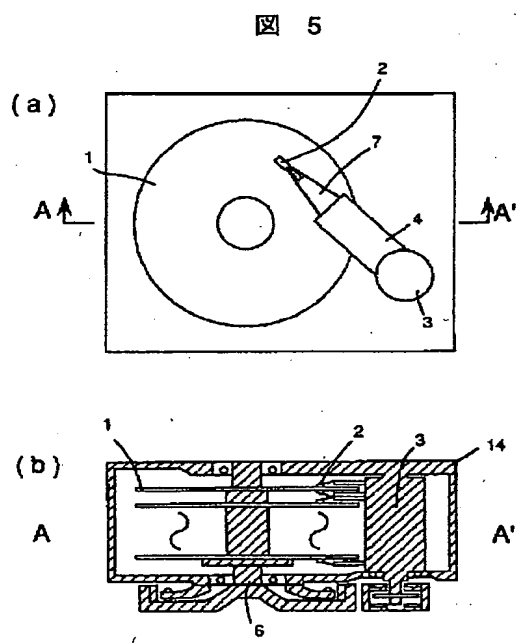
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

